



TO WHOM IT MAY CONCERN

I, Andreas Roth, of Saebener Str. 9, 81547 Muenchen, Germany, do hereby solemnly declare that I am conversant with both the English and German languages and that the enclosed English text is, to the best of my knowledge and belief, a true and accurate English translation of the German-language text of German patent application no. 101 03 097.5, filed by Carl Zeiss Jena GmbH on January 24, 2001.

Munich, this 20th day of December 2001.


Andreas Roth



Certified Translation into English

5 Carl Zeiss Jena GmbH
(Attorney's ref.: Pat 1250/90-00)

January 24, 2001
A/23/ah (ao, jj)

10 **Device for generating a quadrangular illuminating field and use of such device in an
optical device comprising a surface to be illuminated having a predetermined shape**

The invention relates to a device for generating a quadrangular illuminating field, having a light
mixing rod, which has a quadrangular cross-section as well as a quadrangular inlet area and a
15 quadrangular outlet area and guides light coupled in via the inlet area to the outlet area, in order
to generate therein the quadrangular illuminating field, said outlet area being limited by four
rectilinear sides, of which two each converge in one of the corners of the outlet area. The
invention further relates to the use of such device for generating a quadrangular illuminating
field in an optical device comprising a surface to be illuminated, which has a predetermined
20 shape, and illumination optics, which form an image of the outlet area on the surface to be
illuminated.

Such device for generating a quadrangular illuminating field is employed, for example, in the
illumination optics of a digital projector, as it is called, which also comprises, in addition to the
25 illumination optics, a generally rectangular imaging element, such as a tilting mirror matrix or an
LCD matrix, and projection optics for projecting the image generated by the imaging element. In
such a digital projector, it is required for high-quality images that the imaging element be
illuminated as uniformly as possible by the illumination optics. Therefore, the illumination optics
contain the light mixing rod, whose outlet area conventionally has a rectangular shape, if the
30 imaging element is rectangular. It has been found, however, that a complicated optical system
is necessary for forming an image of the illuminating field in the outlet area of the light mixing
rod on the imaging element, so as to ensure that the image is formed in a manner as free from
distortion as possible. In many cases, there also arises the additional problem that the outlet
area and the surface of the imaging element are not situated in planes which are parallel to
35 each other, but are inclined relative to each other, which also causes distortions leading to
decreased uniformity of the illumination of the imaging element.



Therefore, it is an object of the invention to improve the above-described type of device for generating a quadrangular illuminating field such that it allows illuminating, as uniformly as possible, a surface which is to be illuminated and has a predetermined shape.

According to the invention, this object is achieved, in connection with the above-described type of device for generating a quadrangular illuminating field, in that the two sides respectively meeting in one corner of the outlet area do not converge at a right angle. Preferably, all four interior angles have values differing from each other in the corners. Thus, the shape of the outlet area of the light mixing rod may be selected such that the distortion caused by forming an image of the outlet area on the surface to be illuminated is compensated. The surface to be illuminated will then be uniformly illuminated. The light mixing rod may preferably extend rectilinearly or at an angle.

In a preferred further embodiment of the device according to the invention, the light mixing rod is formed such that each of its cross-sectional areas is limited by four rectilinear sides, which converge at the same angles as the sides of the outlet area. This configuration allows the light mixing rod to be produced in a simple manner and with the required accuracy. Thus, for example, it may be formed as a solid mixing rod by grinding a blank, or as a hollow mixing rod with four reflectively coated plates.

Moreover, the device according to the invention may be further embodied such that the cross-sectional area of the light mixing rod decreases from the inlet area to the outlet area. Since, in a light mixing rod, the product of the inlet area with the aperture of the inlet area equals the product of the outlet area with the aperture of the outlet area, a larger aperture is possible at the outlet area. At the same time, the inlet area may be large, which facilitates the coupling-in of the light in the light mixing rod.

A particularly preferred further embodiment of the device according to the invention consists in that the light mixing rod is made of a light-transparent material and is, consequently, a solid mixing rod, in which the light which does not travel directly from the inlet area to the outlet area is guided by total reflexion. Since no losses occur in said total reflexion and, consequently, only the losses caused by material absorption are present, nearly all of the coupled-in light is guided to the outlet area, so that a very high efficiency in light transmission is realized. Moreover, it is also an advantage that excessive heating of the light mixing rod is prevented because total reflexion involves no losses which might contribute to such heating.

A particular further embodiment of the device according to the invention consists in that the light mixing rod has a hollow cross-section, which is formed by four reflective surfaces extending



from the inlet area to the outlet area. This configuration of the light mixing rod allows simple and accurate production. A further particular advantage of this embodiment is that the outlet area is not formed by an end surface of the material, from which the light mixing rod is produced, but is the region at the end of the light mixing rod between the four reflective surfaces. thus usually an air portion, since the light mixing rod is conventionally present in a surrounding atmosphere and thus in air. This leads to the advantage that no soiling or misting, which might adversely affect the uniformity of the generated quadrangular illuminating field, can form in the outlet area.

In particular, the device according to the invention may be further embodied such that the light mixing rod comprises a solid mixing rod portion made of a light-transparent material and an end portion optically coupled therewith, which is provided with reflective surfaces and has a hollow cross-section and whose end averted from the solid mixing rod portion forms the outlet or inlet area. As the outlet or inlet area is formed by the end of the end portion averted from the solid mixing rod portion, this prevents that soiling or misting may accumulate on this surface, so that the illuminating field generated in the outlet area is not adversely affected.

An advantageous embodiment of the device according to the invention consists in that the light mixing rod comprises a first and second light guiding region for separately guiding components of the coupled-in light due to a partition extending from the inlet area to the outlet area. Thus, it is possible to create an intentional non-uniformity of the luminance in the illuminating field. This non-uniformity may be adapted to uniformly illuminate the surface to be illuminated.

The device according to the invention may be used, in particular, in an optical device comprising a surface to be illuminated, which has a predetermined shape, and illumination optics, which form an image of the outlet area on the surface to be illuminated. Preferably, the optical device also comprises projection optics for projecting the surface to be illuminated onto a projection surface. Thus, an optical device is provided wherein a more uniform illumination of the surface to be illuminated is possible due to the device according to the invention, because the distortions caused by the illumination optics may be compensated by suitably selecting the shape of the quadrangular outlet area of the light mixing rod.

The invention will be explained in more detail below by way of example and with reference to the drawings, wherein:

Fig. 1 is a perspective view of a light mixing rod according to the invention;

Fig. 2 is a front view of the light mixing rod according to the invention as shown in Fig. 1;



Fig. 3 is a schematic representation of an optical device according to the invention, which comprises the light mixing rod according to the invention as shown in Fig. 1 and 2;

Fig. 4 is a front view of a light mixing rod of the invention according to another embodiment, and

5 Fig. 5 is a front view of a further embodiment of the light mixing rod of Fig. 4.

Fig. 3 shows a schematic top view of a projection device according to the invention, wherein a ray path is indicated by way of example. The projection device contains a light source 1, a light mixing rod 2, into which light from the light source 1 may be coupled, and, subsequent to the light mixing rod 2, illumination optics 3 which can illuminate a surface 4 to be illuminated by the light exiting from the light mixing rod 2. The surface 4 to be illuminated is preferably an imaging element and may, for example, be a tilting mirror matrix or an LCD matrix having a quadrangular, in particular a rectangular or square, shape. The projection device further comprises projection optics 5, by which the surface 4 to be illuminated may be projected onto a projection surface 6.

The light mixing rod 2 comprises an inlet area 7 facing the light source 1 and an outlet area 8 facing the illumination optics 3. It is arranged such that the outlet area 8 is not parallel to the surface 4 to be illuminated, but encloses an angle therewith, both in the top view shown in Fig. 3 and in a side view of the projection device.

The illumination optics 3 are designed such that an image of the outlet area 8 is formed on the surface 4 to be illuminated, and, to this end, they are provided with lens units 9, 10 and a deflecting prism 11. In the deflecting prism 11, the light exiting from the light mixing rod 2 is deflected only by refraction, and not by reflexion.

The projection optics 5 comprise the lens unit 10 and a further lens unit 12. By the use of the deflecting prism 11 and by employing the lens unit 10 for both the illumination optics 3 and the projection optics 5, a very compact projection device may be formed.

As best shown in Fig. 1 and 2, the light mixing rod 2 consists of material transparent to light from the light source 1 and, by total reflexion at the interfaces between the side surfaces 13, 14, 15 and 16 of the light mixing rod 2 and the surrounding area, guides those light rays from the inlet area 7 to the outlet area 8 which do not travel directly from the inlet area 7 to the outlet area 8. Such a light mixing rod 2 is referred to as a "solid mixing rod".



The shape of the light mixing rod 2 is selected to have a quadrangular cross-section, wherein, in the case of the quadrangular outlet area 8, each of the interior angles α , β , γ , δ has a different value and is not equal to 90° . The interior angles α , β , γ , δ are selected such that the distortion in the image of the outlet area 8, which distortion is caused by the position of the outlet area 8 of the light mixing rod 2 relative to the surface 4 to be illuminated and by the illumination optics 3, is compensated so as to uniformly illuminate the surface 4 to be illuminated, which is a rectangular surface in this case. Preferably, the illumination optics 3 and the light mixing rod 2 are designed such that the surface 4 to be illuminated is slightly over-illuminated, i.e. the image of the outlet area 8 is somewhat larger than the surface 4 to be illuminated and protrudes on all four sides of the surface 4 to be illuminated. Thus, for example, the illumination of the surface 4 to be illuminated is ensured if the image of the outlet area still differs slightly from the rectangular shape or if the orientation of the surface 4 to be illuminated is not optimal.

The solid mixing rod 2 may be produced, for example, from a parallelepiped blank by grinding and polishing.

Alternatively, the light mixing rod 2 may be provided as a hollow mixing rod, as shown in Fig. 4. In this embodiment, the mixing rod is formed by four side plates 17, 18, 19 and 20, whose internal surfaces 21, 22, 23 and 24 are reflectively coated.

The four side plates 17 to 20 each form a substantially rectangular cross-section, with the side plates 17 and 19 being provided at their inner surfaces, at both ends, with recesses 25, 26, 27 and 28 which extend from the inlet area 7 to the outlet area 8. These recesses 25, 26, 27, 28, into which the side plates 18 and 20 are inserted, are designed such that the desired interior angles α , β , γ , δ are present in the assembled state shown in Fig. 4. Preferably, the side plates 17 to 20 are held together by fitting a piece of shrink tubing (not shown) over the side plates in their assembled state shown in Fig. 4, which tubing is then heated and contracts so that the side plates 17 to 20 are urged together by elastic pretension. This shrink tubing may be disposed, for example, in a central portion of the light mixing rod 2. There may also be provided two pieces of shrink tubing, one in a region adjacent to the inlet area 7 and one in a region adjacent to the outlet area 8.

Fig. 5 shows a further embodiment of the hollow mixing rod shown in Fig. 4. In this further embodiment, a partition is provided, which is formed by a plate 29 reflectively coated on both sides and extending from the inlet area 7 toward the outlet area 8, and, as shown in Fig. 5, is disposed diagonally, in cross-section, in the light mixing rod 2. This plate 29, which is reflectively coated on both sides, preferably extends a predetermined distance into the light

mixing rod 2 from the inlet area 7, which predetermined distance may be one half to one third of the length of the light mixing rod 2. By this partition, first and second light guiding regions 30 and 31 are formed, each of which has a triangular shape in cross-section. Due to this cross-sectional shape, the luminance distribution at the end of the light guiding regions 30 and 31 is different than it is in the same place in the light mixing rod shown in Fig. 4, so that the luminance distribution in the outlet area 8 also differs from that of the light mixing rod 2 shown in Fig. 4. Thus, said partition leads to an intentional inhomogenization of the luminance distribution in the outlet area 8, which effect is even stronger as the length of the plate 29 increases. This may be employed, e.g. in the case of the projection device shown in Fig. 3, to illuminate the surface 4 to be illuminated even more uniformly. The plate 29 is preferably disposed in the hollow mixing rod 2 such that its front side 32 facing the outlet area 8 is not situated in the outlet area, but inside the hollow mixing rod 2. The front side 32 and the corresponding opposite front side at the other end of the plate may be polished and plane, if the plate 29 is made of a light-transparent material, so that the plate 29 serves as a light guide for the light incident on the opposite front side. Then, only the minor losses of reflection and absorption occur, so that the plate 29 advantageously causes only very minor losses. Alternatively, the opposite front side may also be blackened, so that the light incident thereon is not passed on, but is blocked.

In a further preferred embodiment of the invention, such partition, in accordance with the embodiment of Fig. 5, may also be provided in a solid mixing rod. To this end, the starting portion of the light mixing rod 2, which is to be provided with the partition, is formed by two prisms separated from each other by a gap. At the interfaces between the prism surfaces and the gap, total reflexion of light rays having predetermined angles occurs, so that the gap between the prisms also provides a partition leading to the inhomogenization of the luminance distribution in the outlet area 8.



5

Carl Zeiss Jena GmbH
(Attorney's ref.: Pat 1250/90-00)

January 24, 2001
A/23/ah (ao, jj)

10

Claims

15

1. A device for generating a quadrangular illuminating field, having a light mixing rod (2), which has a quadrangular cross-section as well as a quadrangular inlet area (7) and a quadrangular outlet area (8), and guides light coupled in via the inlet area (7) to the outlet area (8), in order to generate therein the quadrangular illuminating field, said outlet area (8) being limited by four rectilinear sides, of which two each meet in one of the corners of the outlet area (8), **characterized in that**, in the sides meeting in one corner each converge at an angle which is not equal to 90°.

20

2. The device as claimed in Claim 1, characterized in that the sides converge at an angle (α , β , γ , δ) of different size in each corner.

25

3. The device as claimed in Claim 1 or 2, characterized in that the light mixing rod (2) is formed such that each of its cross-sectional areas is limited by four rectilinear sides, which converge at the same angles as the sides of the outlet area (8).

30

4. The device as claimed in any of Claims 1 to 3, characterized in that the cross-sectional area of the light mixing rod (2) decreases from the inlet area (7) toward the outlet area (8).

5. The device as claimed in any of Claims 1 to 4, characterized in that the light mixing rod (2) is a solid mixing rod made of a light-transparent material.

35

6. The device as claimed in any of Claims 1 to 4, characterized in that the light mixing rod (2) has a hollow cross-section, which is formed by four reflective surfaces (21, 22, 23, 24) extending from its inlet area (7) to its outlet area (8).



7. The device as claimed in any of Claims 1 to 6, characterized in that the light mixing rod (2) comprises first and second light guiding regions (30, 31) for separately guiding components of the coupled-in light due to a partition (29) extending from the inlet area (7) toward the outlet area (8).

5

8. The use of a device for generating a quadrangular illuminating field as claimed in any of Claims 1 to 7 in an optical device comprising a surface (4) to be illuminated, which has a predetermined shape, and illumination optics (3), which form an image of the outlet area (8) on the surface (4) to be illuminated.

10

9. The use as claimed in Claim 8, wherein the optical device further comprises projection optics (5) for projecting the surface (4) to be illuminated onto a projection surface (6).



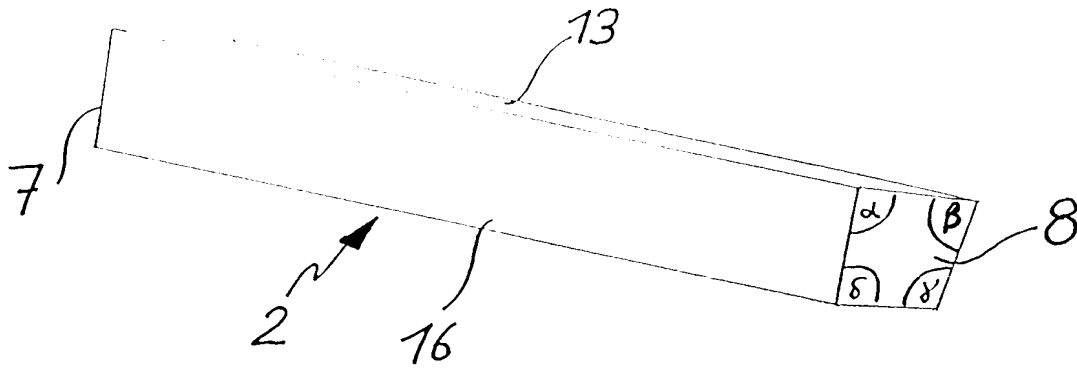


Fig. 1

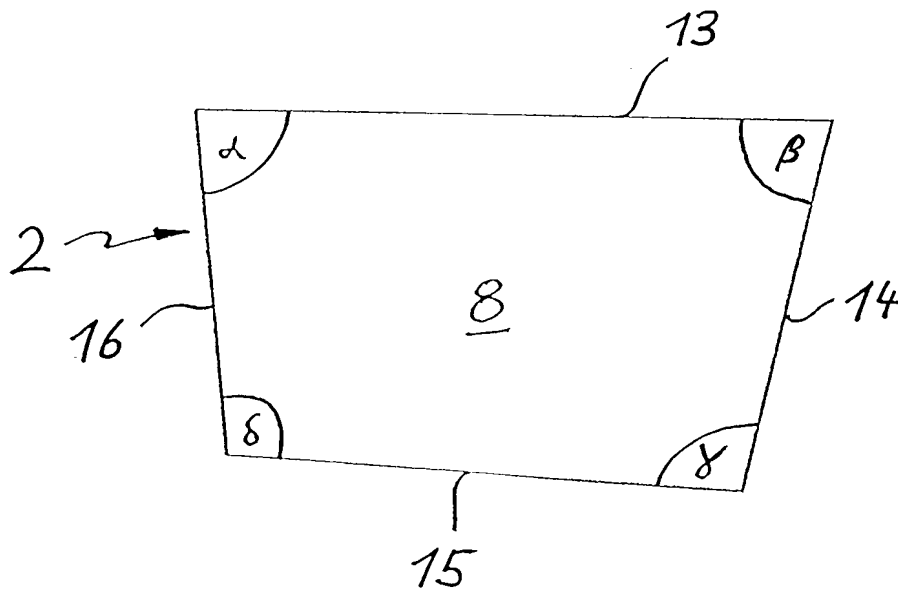


Fig. 2



Fig. 3

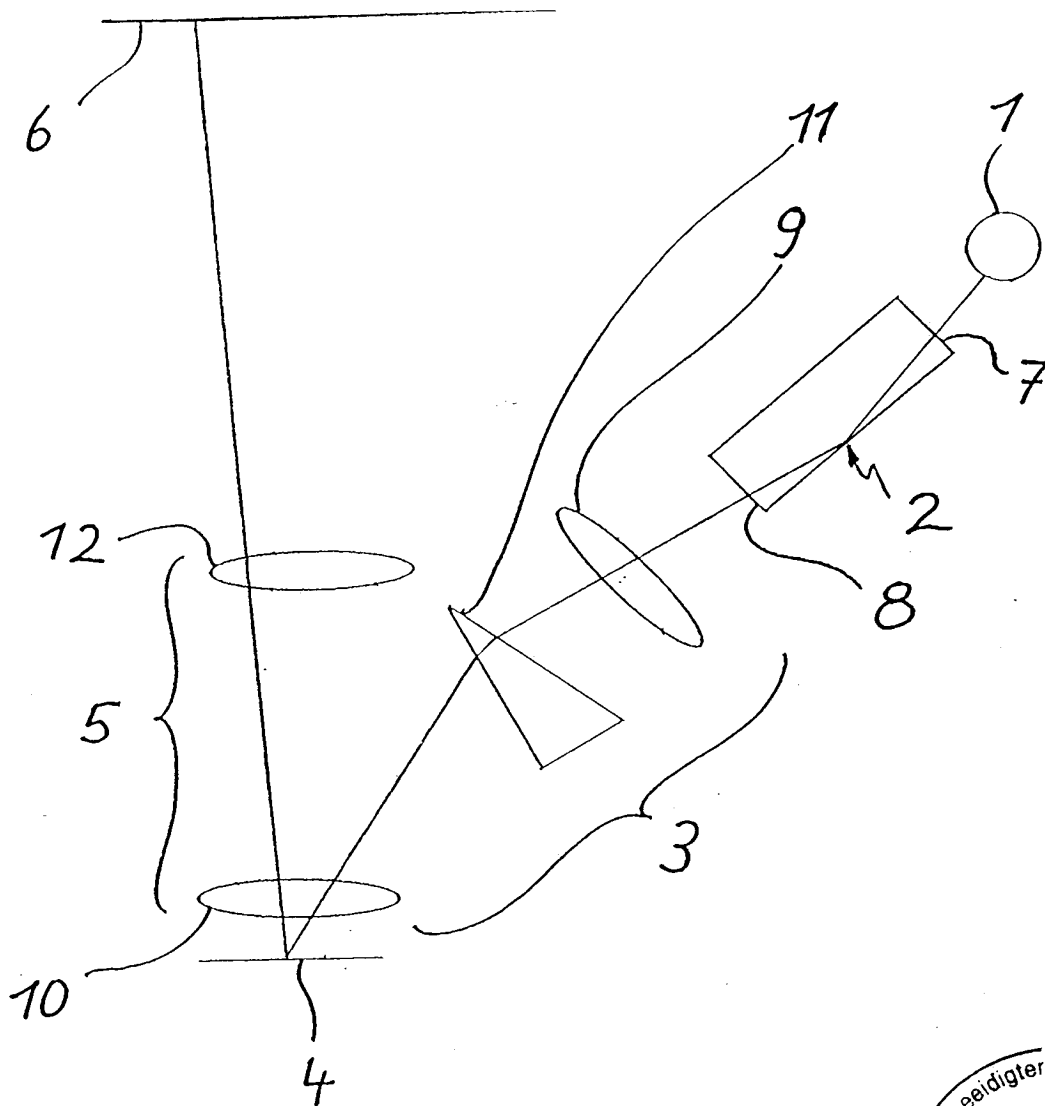


Fig. 4

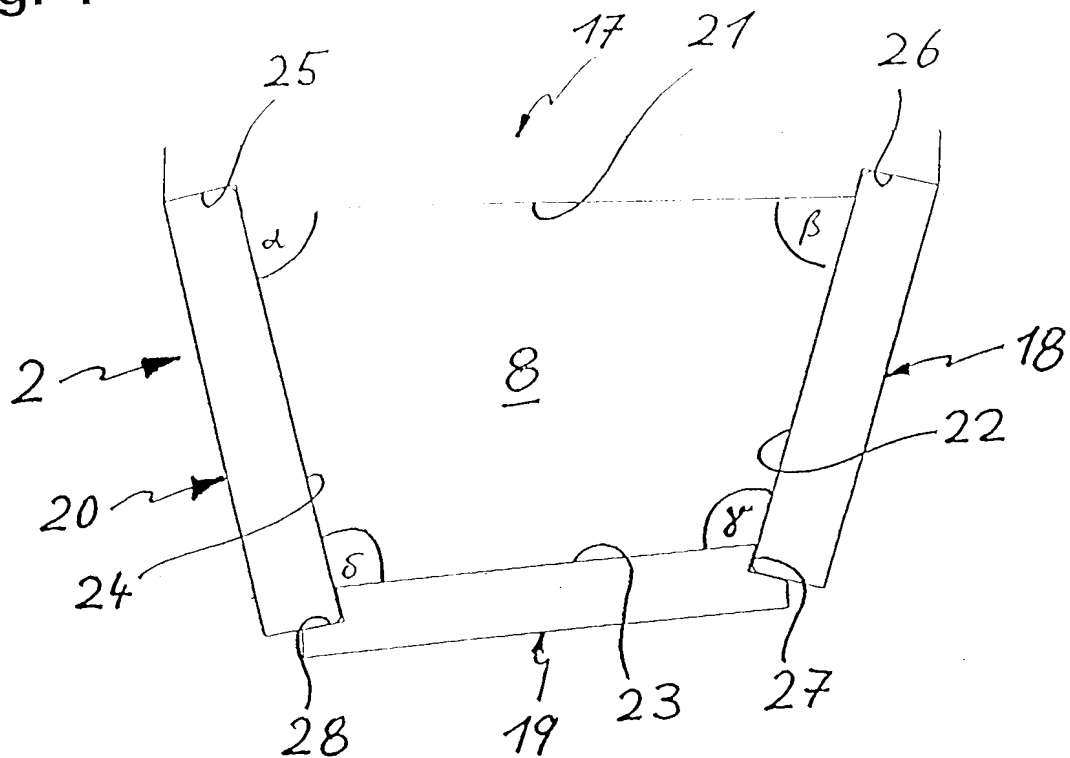
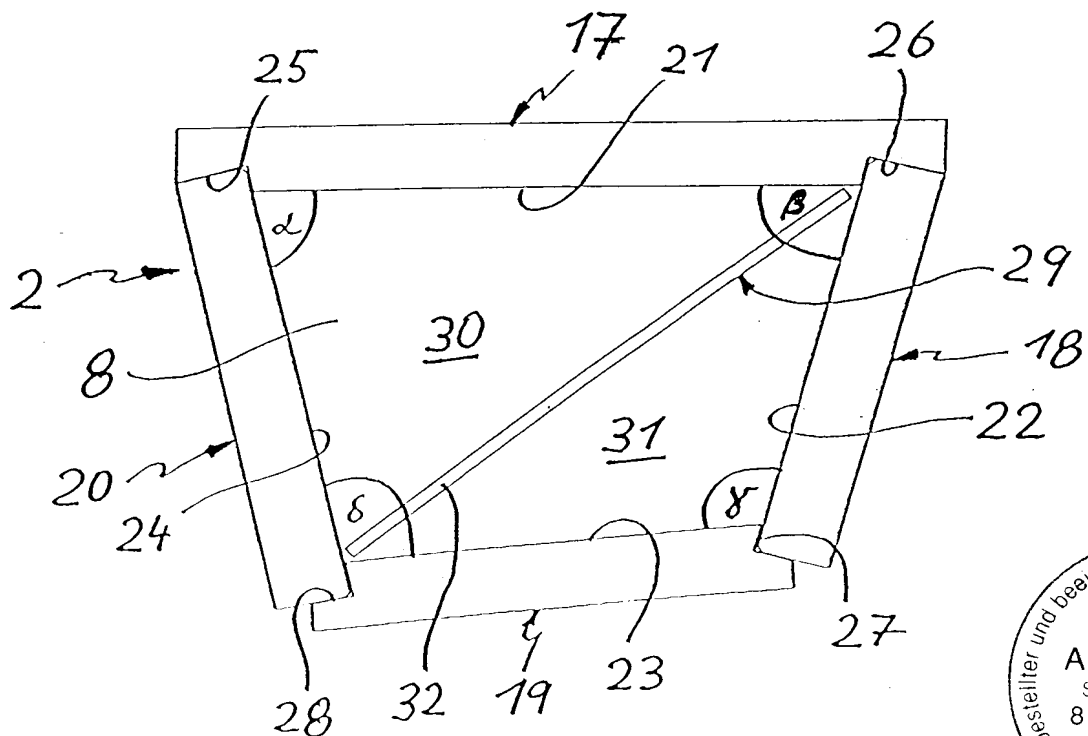


Fig. 5



5 Carl Zeiss Jena GmbH
(Attorney's ref.: Pat 1250/90-00)

January 24, 2001
A/23/ah (ao, jj)

Abstract

10

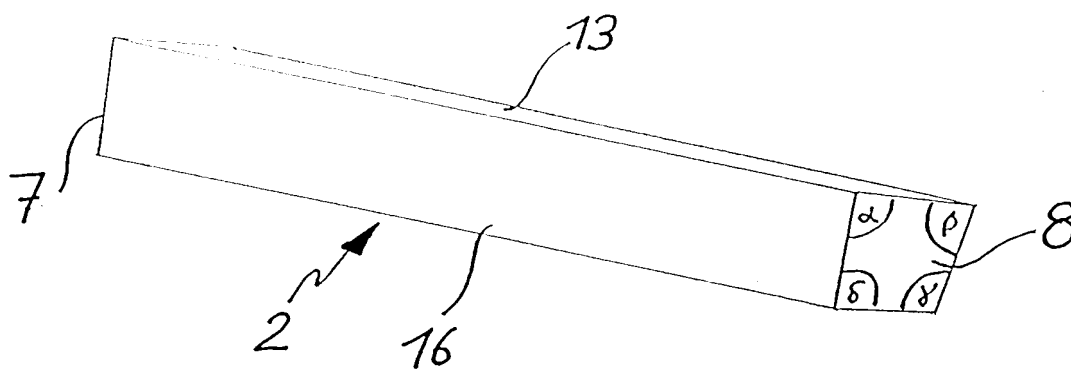
15

In a device for generating a quadrangular illuminating field, having a light mixing rod (2), which has a quadrangular cross-section as well as a quadrangular inlet area (7) and a quadrangular outlet area (8) and guides light coupled in via the inlet area (7) to the outlet area (8), in order to generate therein the quadrangular illuminating field, the outlet area (8) is limited by four rectilinear sides, of which two each meet in one of the corners of the outlet area (8) at an angle which is not equal to 90°.

20

(Fig. 1)







Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

Aktenzeichen: 101 03 097.5

Anmeldetag: 24. Januar 2001

Anmelder/Inhaber: Carl Zeiss Jena GmbH, Jena/DE

Bezeichnung: Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes und Verwendung einer solchen Einrichtung bei einer Optikvorrichtung mit einer zu beleuchtenden Fläche vorbestimmter Form

IPC: G 02 B 27/18

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 21. Januar 2002
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

407054

5 Carl Zeiss Jena GmbH
(Anwaltsakte: Pat 1250/90-00)

24. Januar 2001
A/23/ah (ao, jj)

10

15

**Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes und
Verwendung einer solchen Einrichtung bei einer Optikvorrichtung mit
einer zu beleuchtenden Fläche vorbestimmter Form**

20

Die Erfindung bezieht sich auf eine Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes, mit einem einen viereckigen Querschnitt aufweisenden Lichtmischstab, der eine viereckige Eintrittsfläche und eine viereckige Austrittsfläche aufweist und der über die Eintrittsfläche eingekoppeltes Licht zur Austrittsfläche führt, um in dieser das viereckige, leuchtende Feld zu erzeugen, wobei die Austrittsfläche von vier geradlinigen Seiten begrenzt ist, von denen sich jeweils zwei in einem der Eckpunkte der Austrittsfläche treffen. Die Erfindung bezieht sich ferner auf die Verwendung einer solchen Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes bei einer Optikvorrichtung mit einer zu beleuchtenden Fläche vorbestimmter Form und einer Beleuchtungsoptik, die die Austrittsfläche auf die zu beleuchtende Fläche abbildet.

30

35

Eine solche Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes wird beispielsweise in der Beleuchtungsoptik eines sogenannten digitalen Projektors eingesetzt, der neben der Beleuchtungsoptik noch ein im allgemeinen rechteckiges bilderzeugendes Element, wie z. B. eine Kippspiegel- oder LCD-Matrix, und eine Projektionsoptik zum Projizieren des durch das bilderzeugende Element erzeugten Bildes umfaßt. Bei einem solchen digitalen Projektor ist es für eine hohe Bildqualität erforderlich, daß das bilderzeugende Element mittels der Beleuchtungsoptik möglichst gleichmäßig ausgeleuchtet wird. Deswegen enthält die Beleuchtungsoptik den Lichtmischstab, dessen Austrittsfläche herkömmlicherweise eine rechteckige Form aufweist, wenn das bilderzeugende Element rechteckig ist. Es hat sich jedoch gezeigt, daß zur Abbildung des leuchtenden Feldes in der Austrittsfläche des Lichtmischstabes auf das bilderzeugende Element eine aufwendige Optik notwendig ist, um eine möglichst verzerrungsfreie Abbildung zu gewährleisten. Dabei tritt auch häufig noch die zusätzliche Schwierigkeit auf, daß die Austrittsfläche und die Fläche des bilderzeugenden Elementes nicht in zueinander parallelen Ebenen liegen, sondern gegeneinander geneigt sind, so daß auch

40

45

dadurch Verzeichnungen auftreten, die zu einer verschlechterten Gleichmäßigkeit der Ausleuchtung des bilderzeugenden Elementes führen.

5 Ausgehend hiervon ist es Aufgabe der Erfindung, die Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes der eingangs genannten Art so zu verbessern, daß mit ihr eine zu beleuchtende Fläche vorbestimmter Form möglichst gleichmäßig beleuchtet werden kann.

10 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe bei einer Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes der eingangs genannten Art dadurch gelöst, daß die sich jeweils in einem Eckpunkt der Austrittsfläche treffenden zwei Seiten nicht rechtwinklig zusammenlaufen. Bevorzugt weisen alle vier Innenwinkel an den Eckpunkten voneinander verschiedene Werte auf. Dadurch kann die Form der Austrittsfläche des Lichtmischstabes so gewählt werden, daß die durch die Abbildung der Austrittsfläche auf die zu beleuchtende Fläche bedingte
15 Verzeichnung kompensiert wird. Damit wird dann die zu beleuchtende Fläche gleichmäßig ausgeleuchtet. Der Lichtmischstab kann bevorzugt geradlinig oder auch abgewinkelt sein.

20 In einer vorteilhaften Weiterbildung der erfindungsgemäßen Vorrichtung ist der Lichtmischstab so ausgebildet, daß jede seiner Querschnittsflächen von vier geradlinigen Seiten begrenzt wird, die unter denselben Winkeln wie die Seiten der Austrittsfläche zusammenlaufen. Durch diesen Aufbau kann der Lichtmischstab einfach und mit der erforderlichen Genauigkeit hergestellt werden. So kann er beispielsweise als Vollmischstab durch Schleifen eines Rohlings oder als Hohl-
mischstab aus vier verspiegelten Platten gebildet werden.

25 Weiter kann die erfindungsgemäße Einrichtung dadurch weitergebildet werden, daß die Querschnittsfläche des Lichtmischstabes von der Eintrittsfläche bis zur Austrittsfläche hin abnimmt. Da bei einem Lichtmischstab das Produkt von Eintrittsfläche und Apertur der Eintrittsfläche gleich dem Produkt von Austrittsfläche und Apertur der Austrittsfläche ist, wird eine größere Apertur der Austrittsfläche möglich. Gleichzeitig kann die Eintrittsfläche groß
30 ausgebildet werden, was zu einem leichten Einkoppeln des Lichts in den Lichtmischstab führt.

35 Eine besonders bevorzugte Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß der Lichtmischstab aus einem für das Licht transparenten Material gebildet ist und somit ein Vollmischstab ist, bei dem das Licht, das nicht direkt von der Eintrittsfläche zur Austrittsfläche gelangt, durch Totalreflexion geführt wird. Da bei der Totalreflexion keinerlei Verluste auftreten und somit nur die durch die Materialabsorption bedingten Verluste vorhanden sind, wird fast das gesamte eingekoppelte Licht zur Austrittsfläche geführt, so daß ein sehr hoher Wirkungsgrad der Lichtübertragung verwirklicht wird. Des weiteren ist es noch vorteilhaft, daß ein übermäßiges Erwärmen des Lichtmischstabes verhindert wird, da bei der Totalreflexion keine Verluste auftreten, die zu einer Erwärmung beitragen könnten.

Eine besondere Weiterbildung der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß der Lichtmischstab einen Hohlquerschnitt aufweist, der durch vier sich von der Eintrittsfläche zur Austrittsfläche erstreckende reflektierende Flächen gebildet ist. Aufgrund dieses Aufbaus des Lichtmischstabes ist eine einfache und genaue Herstellung möglich. Ferner ist bei dieser Ausbildung besonders vorteilhaft, daß die Austrittsfläche nicht durch eine Endfläche des Materials, aus dem der Lichtmischstab hergestellt ist, gebildet ist, sondern der Bereich am Ende des Lichtmischstabes zwischen den vier reflektierenden Flächen ist, also in der Regel ein Luftabschnitt, da sich der Lichtmischstab herkömmlicherweise in Umgebungsatmosphäre und somit in Luft befindet. Dies führt zu dem Vorteil, daß sich keine Verschmutzungen oder Beschläge auf der Austrittsfläche bilden können, die die Gleichmäßigkeit des erzeugten viereckigen, leuchtenden Feldes nachteilig beeinflussen könnten.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung der erfindungsgemäßen Einrichtung besteht darin, daß der Lichtmischstab aufgrund einer sich in Richtung von der Eintrittsfläche zur Austrittsfläche hin erstreckenden Unterteilung einen ersten und zweiten Lichtführungsbereich zum getrennten Führen von Anteilen des eingekoppelten Lichts aufweist. Dadurch wird es möglich, eine gezielte Ungleichmäßigkeit der Leuchtdichte in dem leuchtenden Feld zu erzeugen. Diese kann so ausgelegt werden, daß die zu beleuchtende Fläche gleichmäßig ausgeleuchtet wird.

Die erfindungsgemäße Einrichtung kann insbesondere bei einer Optikvorrichtung mit einer zu beleuchtenden Fläche vorbestimmter Form und einer Beleuchtungsoptik, die die Austrittsfläche auf die auszuleuchtende Fläche abbildet, verwendet werden. Bevorzugt umfaßt die Optikvorrichtung noch eine Projektionsoptik zum Projizieren der zu beleuchtenden Fläche auf eine Projektionsfläche. Somit wird eine Optikvorrichtung bereitgestellt, bei der aufgrund der erfindungsgemäßen Einrichtung eine gleichmäßigere Ausleuchtung der zu beleuchtenden Fläche ermöglicht wird, da die durch die Beleuchtungsoptik bedingten Verzeichnungen durch eine geeignete Wahl der Form der viereckigen Austrittsfläche des Lichtmischstabes kompensiert werden können.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der Zeichnungen im Prinzip beispielshalber noch näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines erfindungsgemäßen Lichtmischstabes;
- Fig. 2 eine Vorderansicht des erfindungsgemäßen Lichtmischstabes von Fig. 1;
- Fig. 3 eine prinzipielle Darstellung einer erfindungsgemäßen Optikvorrichtung mit dem in Fig. 1 und 2 gezeigten erfindungsgemäßen Lichtmischstab;
- Fig. 4 eine Vorderansicht eines erfindungsgemäßen Lichtmischstabes gemäß einer anderen Ausführungsform, und

Fig. 5 eine Vorderansicht einer Weiterbildung des Lichtmischstabes von Fig. 4.

In Fig. 3 ist eine erfindungsgemäße Projektionsvorrichtung schematisch in Draufsicht gezeigt, wobei ein Strahlenverlauf beispielhaft eingezeichnet ist. Die Projektionsvorrichtung enthält eine Lichtquelle 1, einen Lichtmischstab 2, in den Licht der Lichtquelle 1 eingekoppelt werden kann, und eine dem Lichtmischstab 2 nachgeschaltete Beleuchtungsoptik 3, die mit dem aus dem Lichtmischstab 2 austretenden Licht eine zu beleuchtende Fläche 4 ausleuchten kann. Die zu beleuchtende Fläche 4 ist bevorzugt ein bilderzeugendes Element und kann beispielsweise eine Kippspiegelmatrix oder eine LCD-Matrix mit viereckiger, insbesondere rechteckiger oder quadratischer Form sein. Die Projektionsvorrichtung umfaßt ferner noch eine Projektionsoptik 5, mit der die zu beleuchtende Fläche 4 auf eine Projektionsfläche 6 projiziert werden kann.

Der Lichtmischstab 2 weist eine der Lichtquelle 1 zugewandte Eintrittsfläche 7 und eine der Beleuchtungsoptik 3 zugewandte Austrittsfläche 8 auf. Er ist dabei so angeordnet, daß die Austrittsfläche 8 sowohl in der in Fig. 3 gezeigten Draufsicht gesehen als auch in einer Seitenansicht der Projektionsvorrichtung gesehen nicht parallel zur zu beleuchtenden Fläche 4 ist, sondern jeweils einen Winkel mit dieser einschließt.

Die Beleuchtungsoptik 3 ist so ausgelegt, daß die Austrittsfläche 8 auf die zu beleuchtende Fläche 4 abgebildet wird, und weist dazu Linseneinheiten 9, 10 und eine Umlenkprisma 11 auf. In dem Umlenkprisma 11 wird das aus dem Lichtmischstab 2 austretende Licht nur durch Brechung und nicht durch Reflexion umgelenkt.

Die Projektionsoptik 5 umfaßt die Linseneinheit 10 sowie eine weitere Linseneinheit 12. Durch die Verwendung des Umlenkprismas 11 und dadurch, daß die Linseneinheit 10 sowohl für die Beleuchtungsoptik 3 als auch für die Projektionsoptik 5 eingesetzt wird, kann eine sehr kompakte Projektionsvorrichtung gebildet werden.

Der Lichtmischstab 2 besteht, wie am besten aus den Fig. 1 und 2 ersichtlich, aus einem für das Licht der Lichtquelle 1 transparenten Material und führt die Lichtstrahlen, die nicht direkt von der Eintrittsfläche 7 zur Austrittsfläche 8 gelangen, durch Totalreflexion an den Grenzflächen zwischen den Seitenflächen 13, 14, 15 und 16 des Lichtmischstabs 2 und der Umgebung von der Eintrittsfläche 7 zur Austrittsfläche 8. Ein solcher Lichtmischstab 2 wird als "Vollmischstab" bezeichnet.

Die Form des Lichtmischstabes 2 ist so gewählt, daß er einen viereckigen Querschnitt ausbildet, wobei bei der viereckigen Austrittsfläche 8 jeder Innenwinkel α , β , γ , δ einen anderen Wert aufweist und jeweils ungleich 90° ist. Die Innenwinkel α , β , γ , δ sind dabei so gewählt, daß die durch die relative Lage der Austrittsfläche 8 des Lichtmischstabes 2 zur zu beleuchtenden

Fläche 4 und durch die Beleuchtungsoptik 3 bedingte Verzeichnung bei der Abbildung der Austrittsfläche 8 so kompensiert wird, daß die zu beleuchtende Fläche 4, die hier eine rechteckige Fläche ist, gleichmäßig ausgeleuchtet wird. Bevorzugt werden die Beleuchtungsoptik 3 und der Lichtmischstab 2 so ausgelegt, daß die zu beleuchtende Fläche 4 etwas überleuchtet wird, d. h., die abgebildete Austrittsfläche 8 ist etwas größer als die zu beleuchtende Fläche 4 und steht an allen vier Seiten der zu beleuchtenden Fläche 4 über. Dadurch wird beispielsweise die Ausleuchtung der zu beleuchtenden Fläche 4 sichergestellt, wenn die Abbildung der Austrittsfläche doch noch geringfügig von der Rechteckform abweicht oder wenn die Ausrichtung der zu beleuchtenden Fläche 4 nicht optimal ist.

Der Vollmischstab 2 kann beispielsweise aus einem quaderförmigen Rohling durch Schleifen und Polieren hergestellt werden.

Alternativ kann der Lichtmischstab 2 als Hohlmischstab ausgebildet sein, wie dies in Fig. 4 gezeigt ist. Bei dieser Ausführungsform wird der Mischstab durch vier Seitenplatten 17, 18, 19 und 20 gebildet, deren Innenflächen 21, 22, 23 und 24 verspiegelt sind.

Die vier Seitenplatten 17 bis 20 bilden jeweils einen im wesentlichen rechteckigen Querschnitt aus, wobei die Seitenplatten 17 und 19 an ihren Innenseiten an beiden Enden Ausfräsungen 25, 26, 27 und 28 aufweisen, die sich in der Richtung von der Eintrittsfläche 7 zur Austrittsfläche 8 erstrecken. Diese Ausfräsungen 25, 26, 27, 28, in denen die Seitenplatten 18 und 20 eingesetzt sind, sind so ausgebildet, daß im zusammengebauten Zustand, der in Fig. 4 gezeigt ist, die gewünschten Innenwinkel α , β , γ , δ vorliegen. Bevorzugt werden die Seitenplatten 17 bis 20 dadurch zusammengehalten, daß in dem in Fig. 4 gezeigten Zustand ein Schrumpfschlauch (nicht gezeigt) über die Seitenplatten 17 bis 20 übergestülpt wird, der danach erwärmt wird und sich zusammenzieht, so daß die Seitenplatten 17 bis 20 unter elastischer Vorspannung aneinander gedrückt werden. Dieser Schrumpfschlauch kann beispielsweise in einem Mittelabschnitt des Lichtmischstabes 2 angeordnet werden. Es können auch zwei Schrumpfschläuche vorgesehen werden, einer an einem an der Eintrittsfläche 7 und einer an einem an der Austrittsfläche 8 angrenzenden Bereich.

Fig. 5 zeigt eine Weiterbildung des in Fig. 4 gezeigten Hohlmischstabes. Bei dieser Weiterbildung ist eine Unterteilung in Form einer beidseitig verspiegelten Platte 29 vorgesehen, die sich in Richtung von der Eintrittsfläche 7 zur Austrittsfläche 8 hin erstreckt und, wie der Fig. 5 zu entnehmen ist, im Querschnitt diagonal im Lichtmischstab 2 angeordnet ist. Diese beidseitig verspiegelte Platte 29 erstreckt sich bevorzugt von der Eintrittsfläche 7 um eine vorbestimmte Länge in den Lichtmischstab 2, wobei die vorbestimmte Länge die Hälfte bis ein Drittel der Länge des Lichtmischstabes 2 betragen kann. Durch diese Unterteilung werden ein erster und ein zweiter Lichtführungsbereich 30 und 31 gebildet, die im Querschnitt gesehen

jeweils eine Dreiecksform aufweisen. Aufgrund dieser Querschnittsform ist die Leuchtdichtevertelung am Ende der Lichtföhrungsbereiche 30 und 31 anders als an der gleichen Stelle in dem in Fig. 4 gezeigten Lichtmischstab, so daß auch die Leuchtdichtevertelung in der Austrittsfläche 8 verschieden von der des in Fig. 4 gezeigten Lichtmischstabes 2 ist. Somit föhrt die Unterteilung zu einer gezielten Inhomogenisierung der Leuchtdichtevertelung in der Austrittsfläche 8, wobei dieser Effekt um so größer ist, je länger die Platte 29 ist. Dies kann dazu eingesetzt werden, daß z. B. bei der in Fig. 3 gezeigten Projektionsvorrichtung die zu beleuchtende Fläche 4 noch gleichmäßiger ausgeleuchtet wird. Die Platte 29 ist bevorzugt so im Lichtmischstab 2 angeordnet, daß ihre der Austrittsfläche 8 zugewandte Stirnseite 32 nicht in der Austrittsfläche liegt, sondern innerhalb des Lichtmischstabs 2. Die Stirnseite 32 und die entsprechende entgegengesetzte Stirnseite am anderen Plattenende können, wenn die Platte 29 aus einem für das Licht transparenten Material gebildet ist, poliert und eben sein, so daß die Platte 29 als Lichtleiter für das auf die entgegengesetzte Stirnseite treffende Licht dient. Dann treten nur die geringen Reflexions- und Absorptionsverluste auf, wodurch vorteilhaft durch die Platte 29 nur sehr geringe Verluste verursacht werden. Alternativ kann die entgegengesetzte Stirnseite auch geschwärzt sein, so daß das darauf treffende Licht nicht weitergeleitet, sondern abgeschattet wird.

In einer weiteren bevorzugten Ausgestaltung der Erfindung kann eine solche Unterteilung entsprechend der Ausführungsform von Fig. 5 auch bei einem Vollmischstab gebildet werden. Dazu wird der Anfangsabschnitt des Lichtmischstabs 2, der die Unterteilung aufweisen soll, durch zwei mittels eines Spaltes getrennten Prismen gebildet. An den Grenzflächen der Prismenflächen und des Spaltes findet für Lichtstrahlen mit vorbestimmten Winkeln eine Totalreflexion statt, so daß durch den Spalt zwischen den Prismen auch eine Unterteilung gebildet ist, die zur Inhomogenisierung der Leuchtdichtevertelung in der Austrittsfläche 8 föhrt.

5 Carl Zeiss Jena GmbH
(Anwaltsakte: Pat 1250/90-00)

24. Januar 2001
A/23/ah (ao, jj)

10

Ansprüche

15

20

1. Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes, mit einem einen viereckigen Querschnitt aufweisenden Lichtmischstab (2), der eine viereckige Eintrittsfläche (7) und eine viereckige Austrittsfläche (8) aufweist und der über die Eintrittsfläche (7) eingekoppeltes Licht zur Austrittsfläche (8) führt, um in dieser das viereckige, leuchtende Feld zu erzeugen, wobei die Austrittsfläche (8) von vier geradlinigen Seiten begrenzt ist, von denen sich jeweils zwei in einem der Eckpunkte der Austrittsfläche (8) treffen, **dadurch gekennzeichnet**, daß die sich in einem Eckpunkt treffenden Seiten jeweils unter einem Winkel zusammenlaufen, der ungleich 90° ist.

25

2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Seiten in jedem Eckpunkt unter einem Winkel (α , β , γ , δ) mit unterschiedlicher Größe zusammenlaufen.

30

3. Einrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtmischstab (2) so ausgebildet ist, daß jede seiner Querschnittsflächen vier geradlinige Seiten aufweist, die unter denselben Winkeln wie die Seiten der Austrittsfläche (8) zusammenlaufen.

35

4. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Querschnittsfläche des Lichtmischstabes (2) von der Eintrittsfläche (7) bis zur Austrittsfläche (8) hin abnimmt.

40

5. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtmischstab (2) ein aus einem für Licht transparenten Material gebildeter Vollmischstab ist.

6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtmischstab (2) einen Hohlquerschnitt aufweist, der durch vier sich von seiner Eintrittsfläche (7) bis zur Austrittsfläche (8) erstreckende reflektierende Flächen (21, 22, 23, 24) gebildet ist.

7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Lichtmischstab (2) aufgrund einer sich in Richtung von der Eintrittsfläche (7) zur Austrittsfläche (8) hin erstreckenden Unterteilung (29) einen ersten und einen zweiten Lichtführungsbereich (30, 31) zum getrennten Führen von Anteilen des eingekoppelten Lichts aufweist.

5

8. Verwendung einer Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes nach einem der Ansprüche 1 bis 7 bei einer Optikvorrichtung mit einer zu beleuchtenden Fläche (4) vorbestimmter Form und einer Beleuchtungsoptik (3), die die Austrittsfläche (8) auf die zu beleuchtende Fläche (4) abbildet.

10

9. Verwendung nach Anspruch 8, wobei die Optikvorrichtung weiter eine Projektionsoptik (5) zum Projizieren der zu beleuchtenden Fläche (4) auf eine Projektionsfläche (6) umfaßt.

Fig. 3

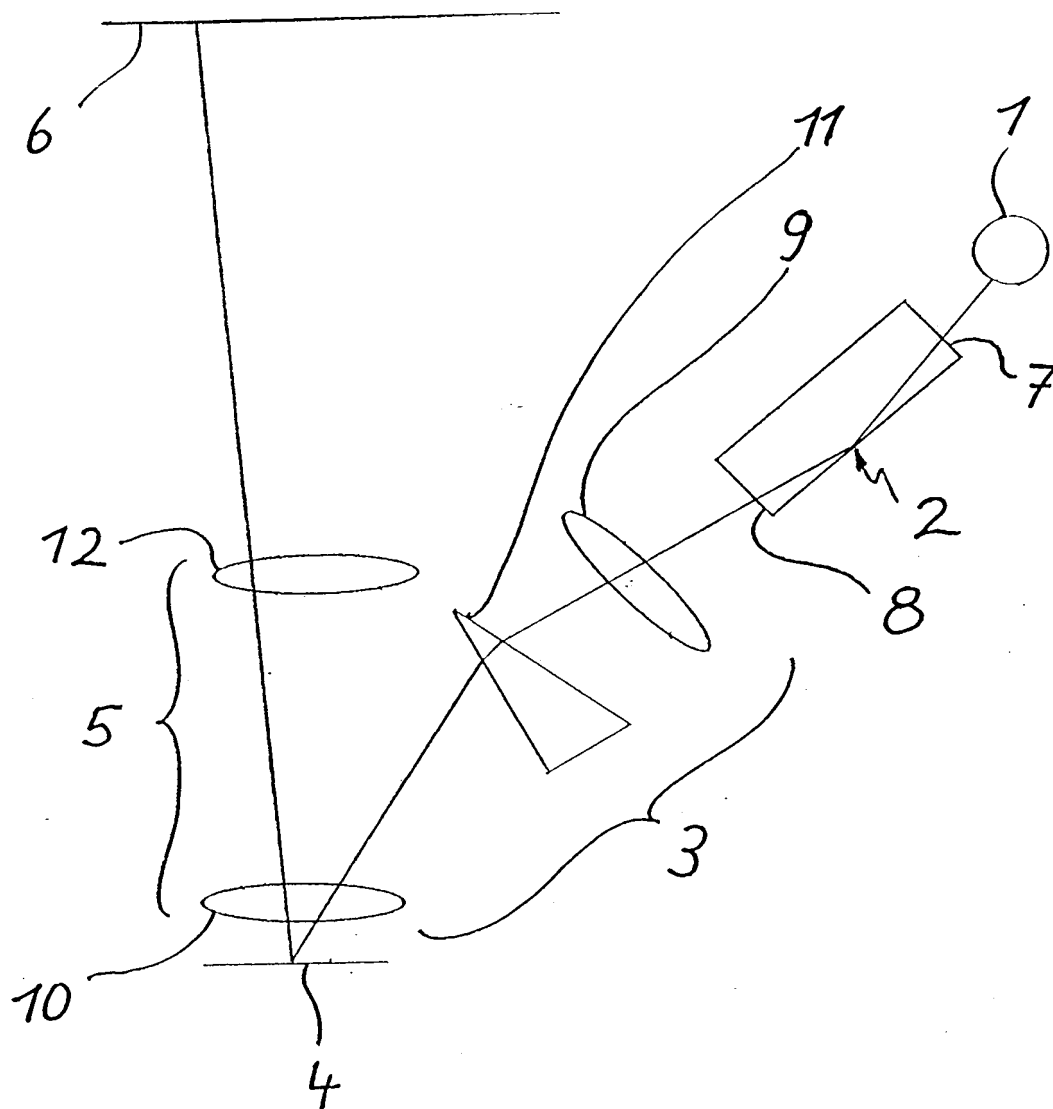


Fig. 4

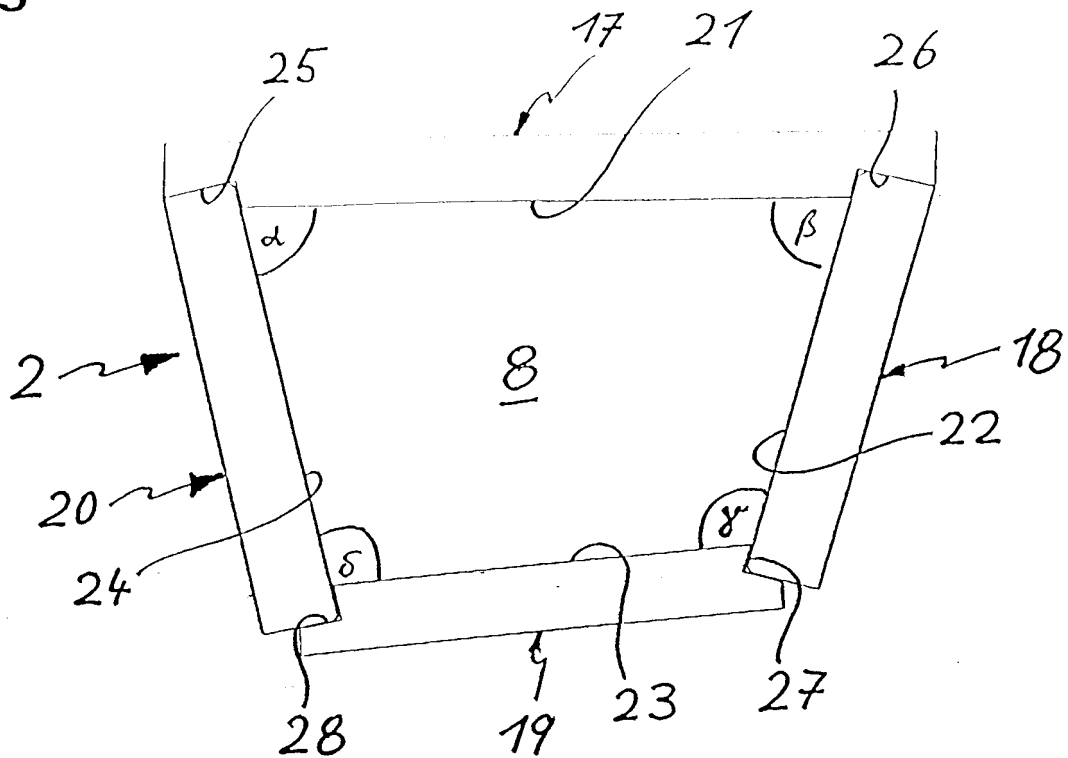
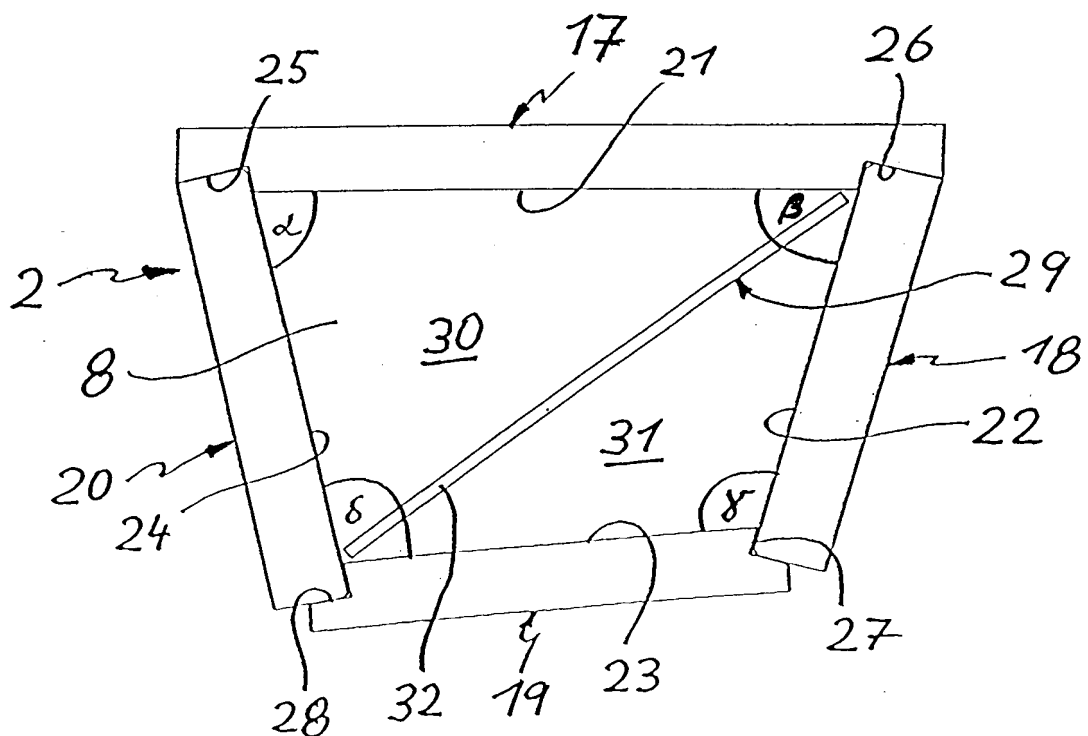


Fig. 5



5 Carl Zeiss Jena GmbH
(Anwaltsakte: Pat 1250/90-00)

24. Januar 2001
A/23/ah (ao, jj)

10

Zusammenfassung

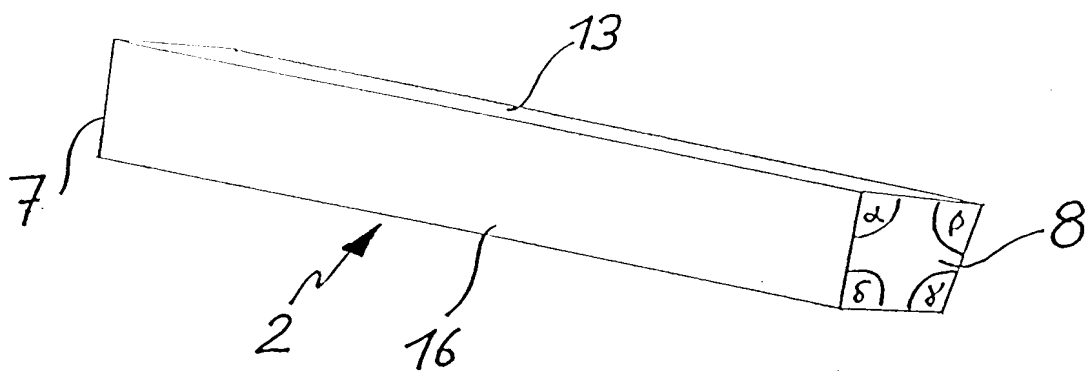
15

20

Bei einer Einrichtung zum Erzeugen eines viereckigen, leuchtenden Feldes, mit einem einen viereckigen Querschnitt umfassenden Lichtmischstab (2), der eine viereckige Eintrittsfläche (7) und eine viereckige Austrittsfläche (8) aufweist und über die Eintrittsfläche (7) in den Lichtmischstab (2) eingekoppeltes Licht zur Austrittsfläche (8) führt, um in dieser das viereckige, leuchtende Feld zu erzeugen, ist die Austrittsfläche (8) von vier geradlinigen Seiten begrenzt, von denen in einem der Eckpunkte der Austrittsfläche (8) jeweils zwei unter einem Winkel zusammenlaufen, der ungleich 90° ist.

25

(Fig. 1)



US 1004105906P1



Creation date: 25-08-2003
Indexing Officer: MCULVER - MARIE CULVER
Team: OIPEBackFileIndexing
Dossier: 10041059

Legal Date: 19-04-2002

No.	Doccode	Number of pages
1	PET.	2

Total number of pages: 2

Remarks:

Order of re-scan issued on